

*На правах рукописи*

**Подшивалина Валентина Николаевна**

**СТРУКТУРА СООБЩЕСТВ ЗООПЛАНКТОНА  
РАЗНОТИПНЫХ ОЗЕР НИЗМЕННОГО ЗАВОЛЖЬЯ  
(ЧУВАШСКАЯ РЕСПУБЛИКА)**

**03.00.16 – Экология**

**АВТОРЕФЕРАТ**

**диссертации на соискание ученой степени  
кандидата биологических наук**

**КАЗАНЬ - 2004**

Работа выполнена в Институте экологии природных систем Академии наук Республики Татарстан

Научный руководитель: доктор биологических наук, профессор  
Яковлев Валерий Анатольевич

Официальные оппоненты: доктор биологических наук  
Крылов Александр Витальевич

кандидат биологических наук  
Деревенская Ольга Юрьевна

Ведущая организация: Институт водных проблем Севера  
Карельского научного центра РАН  
(г. Петрозаводск)

Защита диссертации состоится 5 октября 2004 г. в 14<sup>00</sup> часов на заседании диссертационного Совета Д 212.081.19 при Казанском государственном университете по адресу:  
420008, г. Казань, ул. Кремлевская, 18, экологический факультет.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Казанского государственного университета.

Автореферат разослан «\_\_» августа 2004 г.

Ученый секретарь  
диссертационного Совета  
доктор химических наук,  
профессор



Г.А. Евтюгин

## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

**Актуальность темы.** На территории Среднего Поволжья наиболее высокими показателями озерности характеризуется лесная зона Низменного Заволжья. Для этого региона имеются сведения по гидробиологии и экологическому состоянию лишь для относительно крупных водоемов, по большому числу малых озер известны разрозненные данные (Озера..., 1976; Мингазова, 1999; Деревенская, 2000; Уникальные экосистемы..., 2001). В эволюционном отношении большинство озер Низменного Заволжья находится на стадии зрелости и угасания. В целом для озер характерен эволюционный путь развития: от озера к заболоченному водоему и затем к болоту (Озера..., 1976). Сравнительный анализ зоопланктона для целей типизации озер лесной зоны Низменного Заволжья имеется в единичных работах, причем лишь для ряда карстовых озер (Уникальные экосистемы..., 2001). Как было выявлено ранее, на примере выстроенных в единый сукцессионный ряд озер возможно имитировать сукцессию одной водной экосистемы за длительный период времени (Рогозин, 2001). Изучение изменений структуры зоопланктонных сообществ в ходе сукцессии водоемов – проблема большой научной и практической значимости (Рогозин, 2000).

**Цель работы:** изучить структуру и оценить индикаторные возможности зоопланктонных сообществ для выявления стадий сукцессии разнотипных озер лесной зоны Низменного Заволжья (на примере озер Чувашской Республики).

### **Задачи исследований:**

- 1) провести таксономический анализ зоопланктона озер и выявить его зависимость от природных условий;
- 2) определить количественные показатели, особенности их сезонной динамики, структуру зоопланктонных сообществ разнотипных озер;
- 3) оценить индикаторную значимость сообществ зоопланктона для диагностики стадии сукцессии озер.

**Научная новизна.** На примере семи озер левобережной части Чувашской Республики, входящей в состав Низменного Заволжья, на относительно однородной территории впервые выявлен видовой состав, исследовано состояние зоопланктоценозов разнотипных мелководных озер, находящихся на разных этапах эволюции. Изучены структурные характеристики зоопланктона в озерах в зависимости от стадии их сукцессии, выявлены индикаторные возможности сообщества для мониторинга и типизации озер по стадии их развития.

**Теоретическое и практическое значение работы.** Пополнены сведения о качественном и количественном составе зоопланктона озер Низменного Заволжья. Получила дальнейшее развитие разработка проблемы биоиндикационной роли зоопланктоценозов для мониторинга состояния озер и определения стадии их сукцессии. Материалы работы могут быть использованы для составления экологических паспортов озер, а также для обоснования мероприятий по их

восстановлению и охране. Данные по фитофильной фауне озер (с относительно стабильным уровнем воды) использованы для сравнительного анализа влияния сезонных колебаний уровня воды на литоральные сообщества (Куйбышевское водохранилище) в рамках международной научной программы «Influence of water level fluctuation on the *Thypha*-dominated littoral communities of the Kuybyshev water reservoir (Tatarstan Republic, Russia), финансируемой фондом Volkswagen-Stiftung, ФРГ.

Результаты работы используются в учебных программах в курсе «Основы биомониторинга и биоиндикации» на биолого-химическом факультете ГОУ ВПО «Чувашский государственный педагогический университет им. И.Я. Яковлева».

#### **Положения, выносимые на защиту:**

1. Зоопланктон малых мелководных озер, интенсивность трансформации которых существенно выше по сравнению с крупными водоемами, может рассматриваться в качестве индикатора их стадии сукцессии.

2. В сукцессионном ряду преобразований озер, завершающемся их зарастанием, обмелением и высыханием, первые этапы характеризуются возрастанием степени трофности водоема, затем в зоопланктоне закономерно нарастают признаки, наблюдаемые при олиготрофизации озер.

**Апробация работы и публикации.** Материалы диссертации представлены в виде докладов на конференциях: XL Международной научной студенческой конференции «Студент и научно-технический прогресс» (Новосибирск, 2002); 6-ой и 7-ой Пущинской школе-конференции молодых ученых «Биология – наука XXI века» (Пущино, 2002, 2003); Международной научной конференции «Заповедное дело России: принципы, проблемы, приоритеты» (Жигулевск - Бахилова Поляна, 2002); XII Международной конференции молодых ученых «Биология внутренних вод: проблемы экологии и биоразнообразия» (Борок, 2002); Международной конференции «Residence Time in Lakes: Science, Management, Education» (Bolsena, Italy, 2002); Международной научной конференции «Зоологические исследования регионов России и сопредельных территорий» (Н. Новгород, 2002); Всероссийской научной конференции «Охрана растительного и животного мира Поволжья и сопредельных территорий» (Пенза, 2003); II Международной научной конференции «Озерные экосистемы: биологические процессы, антропогенная трансформация, качество воды» (Минск – Нарочь, 2003); Международной конференции «Трофические связи в водных сообществах и экосистемах» (Борок, 2003); III конференции по охране окружающей среды «Муниципальные и региональные аспекты экологической безопасности как основы устойчивого развития» (Новочебоксарск, 2003); XI молодежной научной конференции Института биологии Коми НЦ УрО РАН «Актуальные проблемы биологии и экологии» (Сыктывкар, 2004); третьей школе-конференции молодых ученых и студентов «Сохранение биоразнообразия и рациональное использование биологических ресурсов» (Москва, 2004) и др.

По теме диссертации опубликовано 15 работ, 2 находятся в печати.

**Декларация личного участия автора.** Исследования проводились автором в период с 2000 по 2003 гг. Сборы полевого материала, камеральная обработка проб зоопланктона, обработка полученных данных, оформление работы осуществлены автором лично. Морфометрические измерения, геоботанические работы также выполнены с участием автора.

**Структура и объем диссертации.** Диссертация состоит из введения, семи глав, заключения и выводов, списка использованной литературы (224 источника, из которых 42 на иностранных языках), приложения. Общий объем составляет 188 страниц, содержит 23 таблицы и 33 рисунка.

**Благодарности.** Автор выражает искреннюю благодарность М.Г. Борисович (Институт экологии природных систем АН Республики Татарстан) за консультации и помощь в таксономическом анализе, а также к.б.н. Д.В. Иванову и сотрудникам лаборатории биогеохимии того же института за химический анализ проб воды, Е.А. Петровой (Институт биологии внутренних вод РАН) за помощь в обработке гидробиотанического материала, В.Ю. Ильину (Чувашский государственный университет) - в полевых исследованиях морфометрических характеристик озер.

## **ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ**

### **Глава 1. Природно-климатические условия региона и лимнологическая характеристика исследованных озер**

Исследуемые озера расположены в левобережной части Чувашской Республики (рис. 1). Данная территория является частью Ветлужско-Кокшагского полесского физико-географического района, принадлежащего провинции южной тайги Низменного Заволжья Русской равнины (Мильков, 1956, 1966; Рихтер, 1961; Федина, 1973). Физико-географические, почвенные, климатические и другие условия (преимущественно песчаный состав аллювия и флювиогляциальных отложений, потенциальная возможность вымывания породы, гумидность климата, наличие болотных комплексов) территории лесной зоны Низменного Заволжья способствуют формированию, в основном, карстовых и междюнных озер с относительно низкой минерализацией и слабокислой реакцией среды, а также повышенному накоплению аллохтонного органического вещества (ОВ) в них. В силу мелководности озера претерпевают относительно быструю эволюцию (Озера..., 1976). Вследствие этого для данной местности характерно наличие водоемов, находящихся на разных этапах сукцессии.

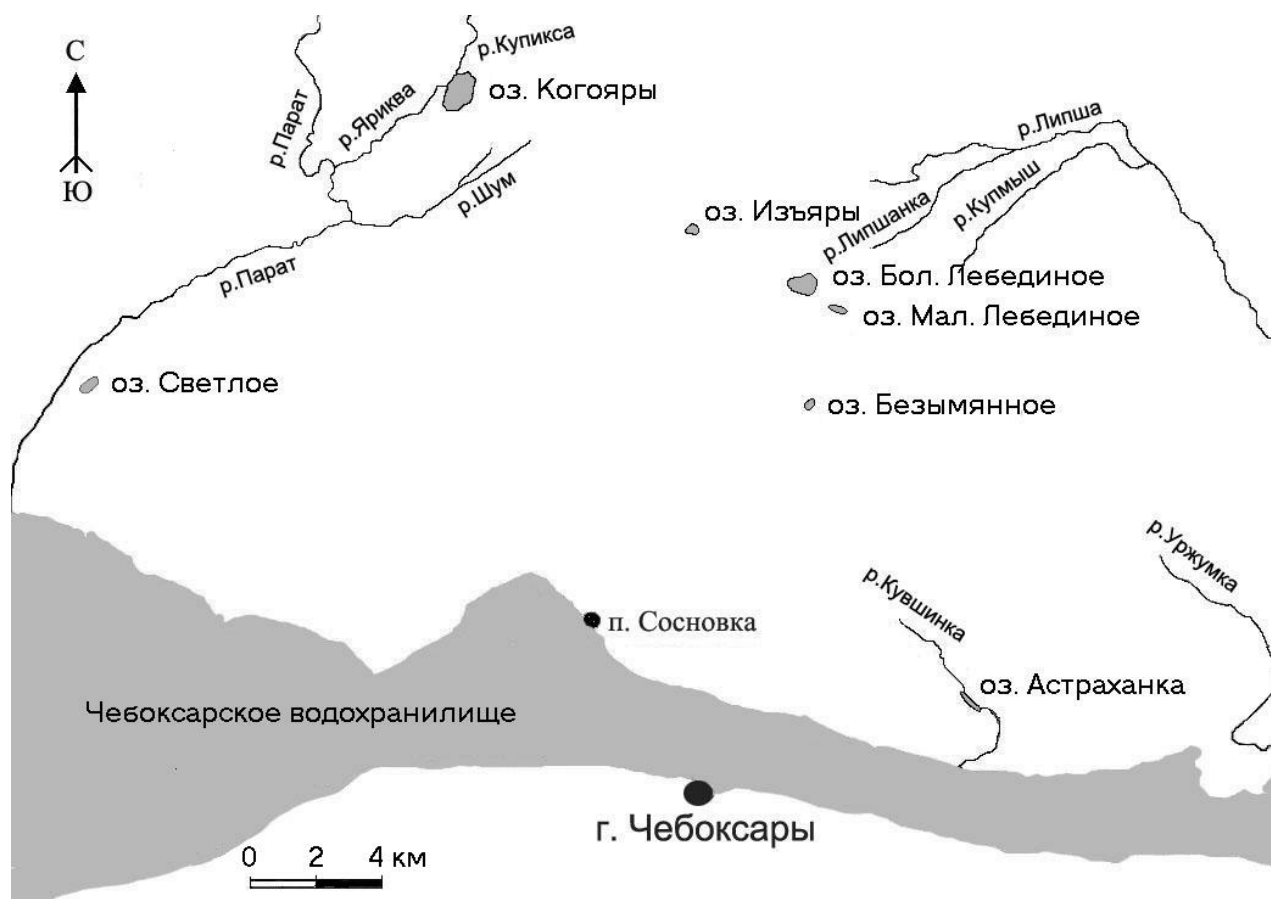


Рис. 1. Карта-схема расположения исследованных объектов в левобережной части Чувашской Республики

Из рассматриваемых в настоящей работе семи озер два карстового происхождения (Светлое, Изъяры) и пять междюнного (Когояры, Астраханка, Безымянное, Малое и Большое Лебединые (Мал. и Бол. Лебединые)). По классификации И.С. Захаренкова (1964), основанной на данных по площади, они принадлежат к категории маленьких и малых озер (табл. 1).

По средней глубине в порядке ее увеличения (табл. 2) озера делятся на два класса (Китаев, 1984): очень малые (Бол. и Мал. Лебединые, Безымянное) и малые (Астраханка, Изъяры, Когояры, Светлое). Морфометрические характеристики исследуемых водоемов свидетельствуют о развитости в большинстве из них зоны литорали, что, соответственно, предполагает значительную роль литоральных сообществ в функционировании всей водной экосистемы. Во-вторых, степень развития береговой отмели непосредственно свидетельствует о стадии зрелости озера (Василяускене, 1975). Это позволяет предположить предпочтительность изучения именно прибрежных биоценозов рассматриваемых в работе водных объектов.

По совокупности ряда морфометрических и гидрографических (табл. 2) показателей, отражающих увеличение мелководности водоемов, исследуемые озера могут быть расположены в следующем порядке: Светлое > Изъяры > Когояры > Астраханка > Безымянное > Мал. Лебединое > Бол. Лебединое. Причем первые четыре водоема характеризуются относительно стабильным гидрологи-

ческим режимом (слабые многолетние и внутрисезонные флуктуации уровня воды).

Таблица 1

Морфометрические показатели озер

Показатель	Светлое	Изяры	Когояры	Астра-ханка	Безы-мянное	Мал. Лебединое	Бол. Лебединое
Площадь, га	11.0	5.9	63.4	5.5	2.8	1.8	10.8
Объем, тыс. м <sup>3</sup>	441.1	89.1	1453.4	65.1	14.2	3.6	21.7
Глубина средняя, м	4.0	1.5	2.3	1.2	0.5	0.2	0.2
Глубина макс., м	8.9	4.1	5.5	1.8	1.2	0.6	0.4
Длина береговой линии, км	1.3	0.9	3.0	1.6	0.7	0.5	1.5
Длина озера, м	400	337	1135	752	292	150	640
Ширина средняя, м	275	174	560	73	97	120	170
Ширина макс., м	300	228	778	79	115	120	170

Таблица 2

Гидрографические характеристики озер

Озеро	<u>Глубина средняя</u> Глубина макс.	Относительная глубина, %	Развитие береговой линии
Светлое	0.45	2.38	1.1
Изяры	0.37	1.52	1.1
Когояры	0.42	0.61	1.1
Астраханка	0.66	0.68	2.0
Безымянное	0.42	0.60	1.2
Мал. Лебединое	0.33	0.40	1.1
Бол. Лебединое	0.50	0.11	1.3

Озера Мал. и Бол. Лебединые определены как высыхающие, поскольку за последнее столетие обмелели в значительной степени, превратившись в очень мелководные зарастающие водоемы. Оз. Безымянное по данному параметру за-

нимает промежуточное положение между выше выделенными группами озер, что позволило отнести его к переходному типу.

В озерах лесной зоны идет интенсивное накопление веществ и постепенное их зарастание (Озера..., 1976). В естественном развитии озер можно выделить три стадии (Озера..., 1976): 1) молодости (юности (Абросов, 1982)), 2) зрелости и 3) угасания (дряхлости (Абросов, 1982), умирания (Хендерсон-Селлерс, Маркленд, 1990)). Так, среди исследованных водоемов междюнного происхождения озера Когояры и Астраханка, предположительно, находятся на стадии зрелости, т.к. наряду с выше указанными параметрами отличаются относительно низкой прозрачностью воды, цветением, заморными явлениями (Астраханка).

Озера Мал. и Бол. Лебединые, вероятно, могут быть отнесены к стадии угасания в связи с сильным их обмелением (см. табл. 1 и 2), накоплением большого количества сапропеля и распространением наземно-водной растительности на большей части их акватории. Оз. Безымянное характеризуется большей максимальной, средней и относительной глубинами, а также меньшей степенью зарастания, по сравнению с озерами Мал. и Бол. Лебединые. Поэтому оно может рассматриваться как принадлежащее к переходной стадии между зрелыми и угасающими озерами. Карстовые озера Светлое и Изъяры, вероятно, также находятся на стадии зрелости. Большое сходство их фаун с междюнными водоемами, расположение в одной провинции, сходные морфометрические показатели позволяют включить их в общую схему старения озер.

Водные массы исследованных озер, по классификации О.А. Алекина (1948), средне (Когояры, Астраханка) и слабо минерализованы (Светлое, Изъяры, Безымянное, Бол. и Мал. Лебединые). По классификации (Основные типы озер..., 1976) водоемы можно определить как олигоацидные.

Так как определение стадий деградации водных экосистем можно производить по развитию любого из ниже перечисленных процессов, сопровождающих деградацию: накопление донных осадков, увеличение площади фитальной зоны и изменение ее флористического состава, сокращение площади водного зеркала, изменение физико-химических свойств воды, трансформация биоты (Bernardi, Soldaini, 1976; Рогозин, 2001), - то по комплексу признаков озера можно расположить в следующем порядке (рис. 2).

Можно предположить, что выделенный на основе морфометрических и гидрологических особенностей ряд водоемов (от Светлого до Бол. Лебединого) представляет собой последовательность озер, находящихся на разных этапах сукцессии, в соответствии с которыми адаптивно формируются определенные структурные и другие показатели сообществ зоопланктона.



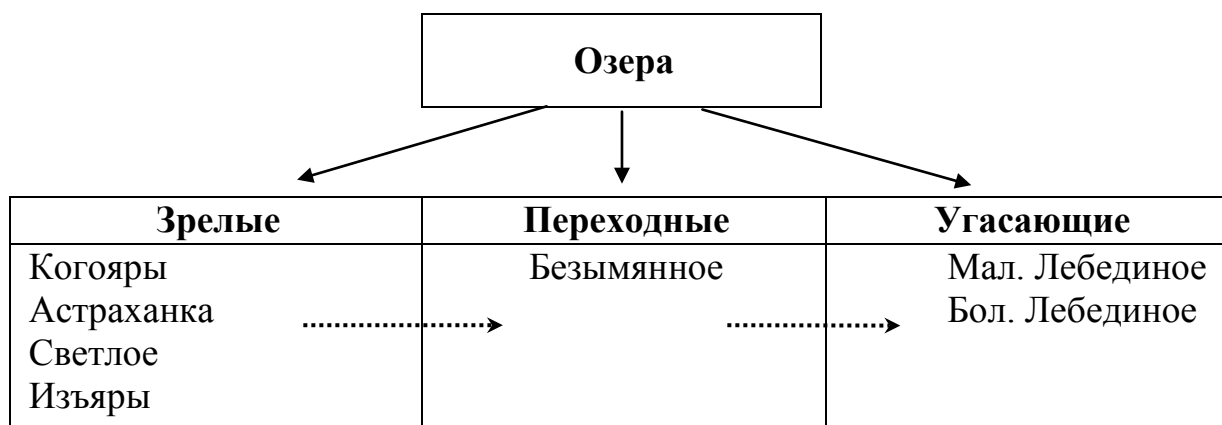


Рис. 2. Блок-схема классификации озер по стадии их развития

## Глава 2. Материал и методы исследований

В данной работе использованы материалы, собранные в период с 2000 по 2003 гг. преимущественно в прибрежной части 7 озер Низменного Заволжья в вегетационный (с интервалом 10 - 14 дней) и подледный периоды.

На основании методики (Методические рекомендации..., 1982) на исследовавшихся объектах были заложены постоянные станции. Отбор и обработку около 600 проб зоопланктона производили в соответствии с общепринятыми гидробиологическими методами (Методические рекомендации..., 1983; Руководство..., 1992).

Качественный состав доминантного комплекса видов определяли на основе функции рангового распределения численности видов (Федоров и др., 1977). Список доминирующих видов для каждого водоема составляли из таксонов, которые доминировали в тот или иной период сезона. Количество доминант в фауне озер устанавливалось по встречаемости и на основе функции рангового распределения видов. Кроме того, для каждого зоопланктоценоза выявлены средние за сезон количества доминирующих видов. Индекс доминирования наряду с встречаемостью использовали для выявления приуроченности видов зоопланктона к определенным биотопам в водоеме.

Для определения особенностей структуры сообществ также применены наиболее часто используемые в подобных исследованиях показатели: соотношение основных групп по биомассе ( $B_{Rot}:B_{Cl}:B_{Cop}$ ) (Крючкова, 1987); соотношение биомасс Crustacea и Rotatoria ( $B_{Cr}/B_{Rot}$ ), биомасс Cyclopoida и Calanoida ( $B_{Cycl}/B_{Cal}$ ); величины средней индивидуальной массы зоопланктеров в сообществах ( $W$ ) (Андроникова, 1989). Показатели таксономической структуры рассчитывали по средним за вегетационный период данным. Средняя арифметическая приводится вместе с ошибкой средней.

Для оценки трофического статуса озер наряду с другими показателями использовали соотношение количества эвтрофных и олиготрофных таксонов

( $E/O$ ) (Hakkari, 1978), а также степень трофии ( $E$ ) (Мяэметс, 1980), отношение числа видов рода *Brachionus* к числу видов рода *Trichocerca* ( $Q_{BT}$ ).

Степень сходства зоопланктоценозов определяли по индексу Чекановско-го-Сьеренсена (Песенко, 1982).

Разнообразие зоопланктонного сообщества оценивали по индексу Шеннона (Shannon, Weaver, 1965; Гиляров, 1969) как по численности ( $H_N$ ), так и по биомассе ( $H_B$ ). На основе данных показателей рассчитывали индекс выравни-ности сообщества ( $E_N$  и  $E_B$  соответственно).

Индекс сапробности ( $S$ ) вычисляли по методу Пантле и Букка в модифика-ции Сладечека (Sladecsek, 1973; Константинов, 1987).

Для характеристики трофической структуры сообществ использовали классификация гидробионтов по их месту в трофических связях (Чуйков, 1995).

Морфометрические и гидрботанические исследования выполняли в соот-ветствии с общепринятыми методиками (Богословский, 1960; Руководство..., 1983).

Для изучения особенностей зоопланктонных сообществ на разных стадиях развития озер использован сравнительно-географический подход, согласно ко-торому процессы развития, не доступные для прямого наблюдения, могут быть реконструированы по описаниям систем, которые в момент изучения находятся на разных стадиях развития (Экосистемы..., 1989). Замена временного ряда наблюдений пространственным признана перспективным методом изучения изменений в водных объектах (Коплан-Дикс, Румянцева, 1980).

Статистическую обработку данных проводили с использованием компью-терных программ Microsoft Excel 2000 и Statistica 6.0.

### Глава 3. Высшая водная и околоводная растительность

Каждое озеро имеет уникальный флористический состав высшей водной растительности.

**Светлое.** Воздушно-водная растительность представлена, в основном, формацией высокотравного гелофита тростника южного (*Phragmites australis* (Cav.) Trin. ex Steud). Пояс растительности с плавающими листьями образуют кубышка желтая (*Nuphar lutea* (L.) Smith) и рдест плавающий (*Potamogeton natans* L.). Из погруженных макрофитов отмечена элодея канадская (*Elodea canadensis* Michx.), образующая чистые заросли. Зоопланктон изучали в трост-никовых и кубышковых зарослях, а также в смешанных сообществах, состоя-щих в основном из кубышки желтой, рдеста плавающего и элодеи канадской.

**Изъяры.** В зарастании большей части озера принимают участие гигроге-лофиты (осока пузырчатая (*Carex vesicaria* L.), ситняг игольчатый (*Eleocharis acicularis* (L.) Roem. et Schult.)) и гигрофиты (камыш лесной (*Scirpus sylvaticus* L.), осока заячья (*Carex leporina* L.), ситник тонкий (*Juncus tenuis* Willd.)), фор-мирующие сообщества. Погруженная и плавающая растительность отсутствует.

Изучение зоопланктона вели в камышовом, осоково-камышовом и тростниковом сообществах.

**Когояры.** Из воздушно-водной растительности наиболее обширны сообщества камыша озерного (*Scirpus lacustris* L.), тростника обыкновенного, рогоза узколистного (*Typha angustifolia* L.), стрелолиста стрелолистного (*Sagittaria sagittifolia* L.). Группа формаций растительности с плавающими листьями представлена сообществами кубышки желтой, кувшинки чисто-белой (*Nymphaea candida* J. Presl), рдеста плавающего. Погруженная растительность в составе сообществ рдеста блестящего (*Potamogeton lucens* L.) наблюдалась на мелководьях в окружении представителей воздушно-водной группы. Зоопланктон исследовали в кубышковом, камышово-кубышковом и смешанном сообществах.

**Астраханка.** Воздушно-водная растительность представлена сообществами тростника обыкновенного, хвоща приречного, рогоза узколистного, ежеголовника прямого (*Sparganium erectum* L.) и стрелолиста стрелолистного. Из гигрогелофитов отмечены осока пузырчатая, осока вздутая, белокрыльник болотный, из гигрофитов - горец перечный (*Persicaria hydropiper* (L.) Spach), череда трехраздельная (*Bidens tripartita* L.). Из настоящих водных растений – гидрофитов – встречаются ряска малая (*Lemna minor* L.), водокрас обыкновенный (*Hydrocharis morsus-ranae* L.), роголистник темно-зеленый (*Ceratophyllum demersum* L.), элодея канадская. Зоопланктон изучался в рясково-водокрасовом, осоковом, осоково-камышовом, рогозовом, а также в смешанных сообществах.

**Безымянное.** Мелководность водоема способствует массовому развитию макрофитов как вдоль береговой линии, так и вглубь озера. Воздушно-водная растительность в основном представлена формацией тростника обыкновенного. Из прибрежно-водной растительности также отмечены сообщества полевицы побегообразующей (*Agrostis stolonifera* L.), камыша лесного, осоки вздутой, сabelника болотного, вейника сероватого. Из гидрофитной – сообщества кувшинки чисто-белой. К середине июля в центре озера появляются островки осок и камыша лесного. Зоопланктоценозы исследовали в тростниковом, осоковом, осоково-камышовом и полевицевом сообществе.

**Мал. Лебединое.** Современный облик водоема сформирован прибрежно-водной растительностью, представленной сообществами камыша лесного, осоки вздутой, с вкраплениями камыша озерного, белокрыльника болотного. Встречаются также лисохвост равный (*A. aequalis* Sobol.), вейник седеющий, ситник тонкий, череда трехраздельная. В северо-западной части озера опоясывает сплавина. Изучение зоопланктона производилось в осоково-камышовых сообществах.

**Бол. Лебединое** опоясывает сплавина шириной около 100 м. Обмелевшие ранее участки заболочены и заняты сфагновыми мхами. Здесь также произрастают мирт болотный (*Chamaedaphne calyculata* (L.) Moench), клюква болотная, пушица влагалищная (*Eriophorum vaginatum* L.). Для озера отмечены осока пузырчатая, камыш лесной, дербенник иволистный (*Lythrum salicaria* L.). Из гид-

рофитов встречаются кубышка желтая, кувшинка чисто-белая. Зоопланктон исследовался в осоково-камышовых сообществах.

В целом, наблюдается тенденция увеличения степени зарастания водоемов по мере их высыхания, что вполне закономерно. Так, зрелые озера со стабильным гидрологическим режимом, по классификации В.Г. Папченкова (2001), характеризуются слабым – умеренным, водоемы переходного типа – сильным, умирающие озера – очень сильным зарастанием.

Будучи расположенными в лесу, озера испытывают дополнительную мощную нагрузку биогенными веществами аллохтонного происхождения.

#### Глава 4. Видовой состав, таксономическая и размерная структуры зоопланктона

**Видовой состав.** В исследованных озерах выявлено 103 вида зоопланктонных организмов. Из них 42 вида коловраток, 39 - ветвистоусых и 22 – веслоногих рачков. Зоопланктон представлен, главным образом, комплексом видов, типичных для озер умеренных широт. Наибольшим видовым разнообразием среди озер выделяется Астраханка (81 вид), а наименьшим – Бол. Лебединое (29) (рис. 3).

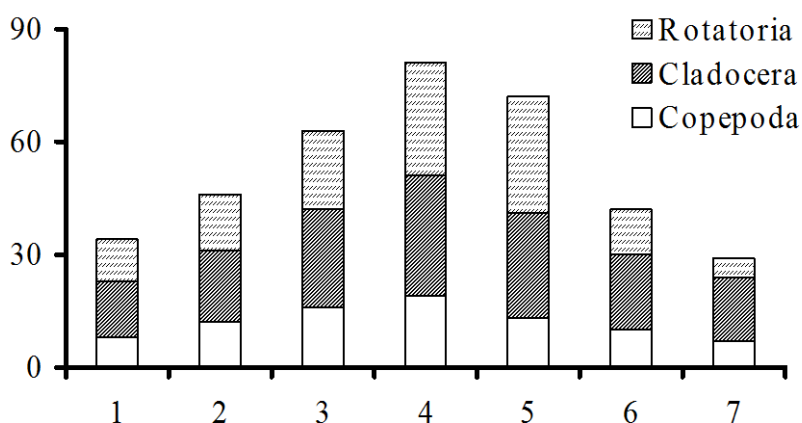


Рис. 3. Количество зоопланктонных видов: 1 - Светлое, 2 – Изъяры, 3 – Астраханка, 4 – Когояры, 5 – Безымянное, 6 - Мал. Лебединое, 7 - Бол. Лебединое

Наибольший вклад в видовое разнообразие сообществ озер вносят ветвистоусые (за исключением оз. Безымянное, где по количеству видов преобладают коловратки), составляя, в зависимости от объекта, от 40 (Изъяры) до 59 % числа видов (Бол. Лебединое).

Анализ видового состава зоопланктона озер показал наличие 9 видов, общих для всех исследуемых водоемов. В основном это эврибионтные виды (*Bosmina longirostris*, *Ceriodaphnia pulchella*, *Chydorus sphaericus*, *Diaphanosoma brachyurum*, *Mesocyclops leuckarti*), а также зарослевые и прибрежные формы (*Peracantha truncata*, *Pleuroxus aduncus* и *Scapholeberis mucronata*). Особый интерес представляет обнаружение в озерах холодноводного вида *Eudiaptomus*

*graciloides*, который, однако, является массовой формой южнотаежного ландшафта (Макарцева, 1978). Встречаемость указанных видов значительно варьировала в зависимости от водоема.

Сравнение видового состава зоопланктона исследуемых объектов при помощи индекса Чекановского-Сьеренсена (Песенко, 1982) показало наибольшее сходство фаун озер Астраханка и Когояры (0.78) (рис. 4). Наименее сходны в таксономическом отношении зоопланктоценозы озер Бол. Лебединое, Безымянное и Астраханка ( $> 0.62$ ).

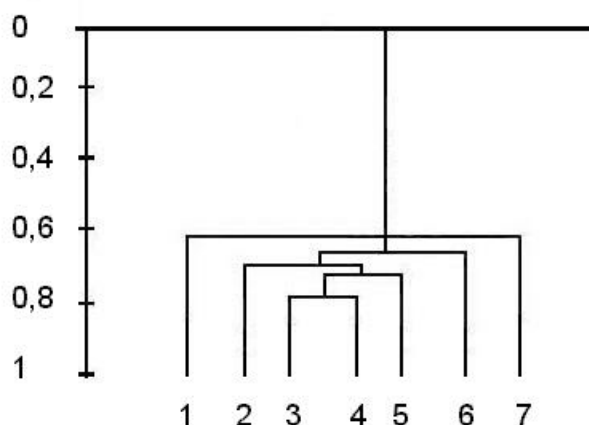


Рис. 4. Дендрограмма таксономического сходства зоопланктона озер:  
1 - Светлое, 2 - Изъяры, 3 - Когояры, 4 - Астраханка, 5 - Безымянное,  
6 - Мал. Лебединое, 7 - Бол. Лебединое

Приуроченность отдельных видов к озерам определенного типа оценивали по встречаемости. Так, в междюнных зрелых озерах относительно чаще встречаются хищные виды *Macrocyclus albidus*, *M. viridis*, *M. leuckarti* и *T. crassus*, *Leptodora kindtii* и факультативный хищник *A. priodonta*, эврибионты *C. pulchella*, *K. quadrata* и *F. longiseta*, а также характерные для эвтрофных водоемов *Sida c. crystallina* и *Simoccephalus vetulus* (Пидгайко, 1984; Итигилова, 1990; Семенченко, 1990). Группа следующих видов приурочена преимущественно к водоему переходного типа, а также к умирающим озерам: *S. serrulatus*, *Pleuroxus striatus*, *M. rosea*, *Polyphemus pediculus*, *B. longispina*, *H. gibberum* (кроме переходного), *Eu. serrulatus*, *H. appendiculata*, *Eu. graciloides*.

**Число и состав доминант.** Основу доминирующего комплекса видов, выделенных на основе функции рангового распределения (Федоров и др., 1977), в исследуемых озерах составляют наряду с типичными лимнобионтами и эврибионтные виды. Практически во всех озерах доминируют виды-индикаторы эвтрофных условий (Пидгайко, 1984), такие, как *B. longirostris*, а также *C. pulchella* (за исключением озер Светлое и Безымянное) и *Thermocyclops crassus* (в озерах Астраханка и Когояры). В доминирующем комплексе видов в ряде озер (Изъяры, Безымянное, Мал. и Бол. Лебединые) представлены индикаторы олиготрофных условий (Пидгайко, 1984) (*Heterocope appendiculata*, *Bosmina longispina* и *Holopedium gibberum*).

В изучаемых озерах в качестве доминант выступают как представители мезоацидных водоемов (Абакумов и др., 1986, Свирская, 1991) (*H. gibberum* (Мал. Лебединое), *S. mucronata* (Изьяры, Когояры, Мал. и Бол. Лебединые), *Eu. lamellatus* (Светлое), *P. pediculus* (Бол. Лебединое), так и виды, преимущественно характерные для нейтрально-щелочных и олигоацидных водоемов (*B. longirostris*, *M. leuckarti*, *H. appendiculata*).

Растительные ассоциации, создавая те или иные микроусловия, влияют на встречаемость и развитие отдельных видов зоопланктона. Причем, для разнотипных озер отмечен сходный характер доминирования видов. Так, *B. longirostris*, *M. leuckarti* предпочитают открытую литораль (в озерах Светлом, Астраханка и Когояры), а *P. pediculus* - относительно слабо заросшие биотопы. Приуроченность отдельных видов к определенным ассоциациям макрофитов была определена на основе их встречаемости и индекса доминирования для каждой станции исследования. В работе дан подробный анализ наиболее типичных для каждого озера фитоценозов и развивающихся в них зоопланктонных сообществ.

Анализ количества доминант, выделенных по частоте встречаемости за весь период исследований (Иоганзен, Файзова, 1978, цит. по Андроникова, 1996), показал, что как по абсолютным, так и по относительным показателям из числа изученных объектов выделяется планктонное сообщество оз. Безымянное. В нем выявлено 7 (около 10 % видового состава) доминирующих видов. Можно предположить, что это показатель более стабильного, существенно не изменяющегося, доминирующего комплекса видов в водоеме. Наименьшее количество доминантов характерно для зоопланктона оз. Бол. Лебединое (1 вид), где, вероятно, в связи с нестабильностью гидрологического режима и другими сопровождающими сукцессию факторами, комплексы видов сменяют друг друга в течение сезона. В остальных озерах доля доминант в суммарном количестве видов составила 5-9 %. Таким образом, оз. Безымянное характеризуется большей долей часто встречающихся доминирующих видов в зоопланктоне, а оз. Мал. и Бол. Лебединые - большим их разнообразием.

По количеству структурообразующих видов, выделенных на основе рангового распределения по численности и биомассе, первенствовал зоопланктон оз. Безымянное (7 видов). Данный факт наряду с приведенными выше данными по количеству доминант, выделенных по встречаемости и на основе рангового распределения, может свидетельствовать об относительном постоянстве руководящего комплекса видов в зоопланктоценозе оз. Безымянное.

**Соотношение количественных показателей таксономических групп.** На протяжении четырех лет исследований в среднем за сезон Cladocera занимали ведущее место не только по видовому обилию, но и по биомассе. Их биомасса в среднем составляла от 40 % до 70 % в зависимости от озера (табл. 3), что может быть следствием избыточного количества биогенных веществ в воде (McNaught, 1975). В целом, по сравнению с долей Copepoda и Rotatoria в суммарной биомассе, степень варьирования этой количественной характеристики

для ветвистоусых из разных сообществ была наименьшей (около 18 %). Доля Rotatoria характеризовалась значительным изменением в ряду исследованных озер: от 0.02 % (Бол. Лебединое) до 21.7 % (Астраханка).

Таблица 3

Средние значения структурных показателей зоопланктона озер

Показатель	Светлое	Изъяры	Когояры	Астрахан- ка	Безымян- ное	Мал. Ле- бединое	Бол. Ле- бединое
$B_{Rot}:B_{Cl}:B_{Cop}$	4:70:26	14:49:38	4:55:41	22:55:23	3:40:57	2:53:45	0.02:64. 73:35.26
$B_{Cycl}/B_{Cal}$	165.12	0.71	165.32	188.68	0.46	0.06	0.18
$B_{Cr}/B_{Rot}$	26.0	6.3	23.7	3.6	36.4	47.4	6215.2
$H_N$ , бит	1.85	1.78	1.93	1.64	2.82	2.12	2.06
$E_N$	0.59	0.61	0.72	0.75	0.77	0.57	0.67
$H_B$ , бит	1.94	1.66	1.78	1.52	2.14	1.45	1.60
$E_B$	0.52	0.55	0.62	0.60	0.55	0.52	0.54
$E/O$	2.00	1.60	1.80	2.60	1.50	0.83	0.75
$E$	0.73	0.80	0.83	1.37	1.08	0.34	0.17
$Q_{B/T}$	-*	-*	4.00	1.0	0.25	1.00	-*
$W$ , мг	0.0018	0.0031	0.0034	0.0038	0.0056	0.0115	0.0160

\* - представители р. *Trichocerca* отсутствуют; обозначения см. в гл. 2.

Соотношение биомасс Crustacea и Rotatoria свидетельствует о значительном преобладании ракообразных в зоопланктоценозах всех озер (колебания по озерам составили от 78.30 до 99.98 %). Этот же показатель для Cyclopoida и Calanoida по итогам нескольких сезонов показывает значительное преобладание первых в оз. Астраханка, Когояры и Светлое, что может характеризовать эти водоемы как более трофные.

**Оценка разнообразия и выравненности.** Слабая тенденция увеличения разнообразия (оцененного с использованием индекса Шеннона) обнаруживается в ряду: зрелые озера - умирающие водоемы - озеро переходного типа. Причем высыхающие озера характеризовались меньшим относительно других озер количеством видов. Высокие значения индекса Шеннона обусловлены большей выравненностью их сообществ, о чем свидетельствует соответствующий показатель (см. табл. 3).

Для зоопланктоценозов большинства озер характерно увеличение разнообразия сообществ весной, затем его стабилизация в летний период и уменьшение осенью. Однако в летний период могут наблюдаться всплески численности отдельных видов, что приводит к уменьшению выравненности и, как следствие, к снижению величин индекса Шеннона. Наименьшей вариабельностью в течение вегетационного периода индекса, вычисленного по биомассе, отличается оз. Безымянное (коэффициент вариации в зависимости от года не превышал 26 %). В сообществах остальных озер эти флуктуации составили не более 55 %

(наивысшее значение выявлено для Бол. Лебединого). Для зрелых озер с относительно стабильным гидрологическим режимом (Светлое, Изъяры, Когояры, Астраханка) характерным оказалось большее варьирование индекса Шеннона, вычисленного по численности, чем по биомассе. Остальные водоемы проявили обратную тенденцию. Таким образом, наиболее стабильное разнообразие поддерживается в сообществах с высоким его уровнем (если в качестве основного показателя рассматривать индекс Шеннона, вычисленный по численности).

**Показатели трофности.** Рассчитанные коэффициент и индекс трофии (см. табл. 3) свидетельствуют об относительно низком уровне трофности в умирающих озерах Мал. и Бол. Лебединые.

**Размерная структура.** Выявлена отчетливая тенденция увеличения средней индивидуальной массы зоопланктеров в сообществах по мере старения озер (см. табл. 3). Умирающие озера обнаруживают большие внутрисезонные флуктуации величин рассматриваемого показателя.

## Глава 5. Численность и биомасса зоопланктона

Наибольшие среднегодовые значения численности и биомассы зоопланктона выявлены для оз. Астраханка (1760.3 тыс.экз./м<sup>3</sup>, 4.15 г/м<sup>3</sup>) (табл. 4 и 5).

Минимальные количественные показатели развития зоопланктона характерны для озер Изъяры (биомасса – 0.08 г/м<sup>3</sup>) и Бол. Лебединое (численность – 48.77 тыс. экз./м<sup>3</sup>).

Анализ средних значений численности и биомассы зоопланктона за каждый сезон года показывает, что во всех озерах (кроме Мал. Лебединого) максимальные величины этих показателей наблюдаются летом.

Таблица 4

Средние ( $M \pm m$ ) значения численности (тыс. экз./м<sup>3</sup>) зоопланктона в озерах

Озеро	Весна	Лето	Осень	Зима	Среднее за год
Светлое	-	142.7±130.7	3.9	-	109.0±98.4
Изъяры	43.0±19.9	142.4±48.2	27.3±11.6	8.1±3.7	92.1±28.2
Когояры	62.3±49.0	455.2 ±174.9	22.7±20.1	2.5	283.8±111.4
Астраханка	22.9±7.3	2942.7±668.8	227.0±105.71	22.8±4.6	1760.3±437.0
Безымянное	32.7±3.4	74.4±14.7	55.2±12.0	91.7	71.3±9.6
Мал. Лебединое	65.9±31.8	92.1±14.3	31.4±16.9	2.1	78.1±11.7
Бол. Лебединое	21.5±7.9	82.3±37.3	8.0±4.3	4.0	56.3±23.5

Здесь и в табл. 5 прочерк – нет данных.



Таблица 5

Средние ( $M \pm m$ ) значения биомассы ( $\text{г/м}^3$ ) зоопланктона в озерах

Озеро	Весна	Лето	Осень	Зима	Среднее за год
Светлое	-	$0.23 \pm 0.17$	$0.02 \pm 0.01$	-	$0.18 \pm 0.13$
Изъяры	$0.04 \pm 0.01$	$0.11 \pm 0.01$	$0.05 \pm 0.01$	$0.09 \pm 0.06$	$0.08 \pm 0.01$
Когояры	$0.20 \pm 0.16$	$0.83 \pm 0.27$	$0.06 \pm 0.03$	0.02	$0.53 \pm 0.18$
Астраханка	$0.08 \pm 0.03$	$6.89 \pm 1.38$	$0.69 \pm 0.27$	$0.08 \pm 0.03$	$4.15 \pm 1.03$
Безымянное	$0.06 \pm 0.01$	$0.51 \pm 0.12$	$0.46 \pm 0.12$	0.01	$0.44 \pm 0.08$
Мал. Лебединое	$1.03 \pm 0.38$	$0.60 \pm 0.09$	$0.15 \pm 0.05$	0.02	$0.55 \pm 0.08$
Бол. Лебединое	$0.38 \pm 0.14$	$0.48 \pm 0.18$	$0.01 \pm 0.01$	0.03	$0.39 \pm 0.12$

По специфике сезонной динамики численности и биомассы оз. Мал. Лебединое наиболее приближено к показателям, типичным для олиготрофных озер, где ход сезонной динамики и максимумы численности и биомассы определяются, преимущественно, особенностями развития представителей Copepoda. Тогда как в остальных озерах они находятся в зависимости от колебаний численности и биомассы коловраток и ветвистоусых рачков.

Вариабельность динамики биомассы в течение вегетационного сезона или года может быть оценена средним квадратическим отклонением, коэффициентом вариации или соотношением максимальных и минимальных значений биомассы (Алимов, 2001). Так, наибольшей стабильностью, оцененной по комплексу коэффициентов, отличается зоопланктонные сообщества в озерах Безымянное и Изъяры, а в озерах Когояры и Астраханка биомасса зоопланктона обнаруживает наибольшую вариабельность, что позволяет предположить большую устойчивость зоопланктоценозов в первых, а наименьшую в последних.

**Пространственная структура.** Значения индекса (Гиляров и др., 1979) и коэффициента агрегированности (Смуров, 1975), а также индекса Ллойда (Lloyd, 1967) свидетельствуют о «пятнистом» распределении зоопланктона в водоемах. В озерах это выражено в разной степени. Зоопланктон озер Безымянное и Изъяры распределен наиболее равномерно. В оз. Светлое наблюдается наибольшая «пятнистость» в пространственном распределении зоопланктеров. Выявленные различия в степени агрегированности сообществ зоопланктона в различных водоемах зависят, по-видимому, от гетерогенности растительных ценозов, имеющих в озере.

## Глава 6. Трофическая структура зоопланктона

Для характеристики структуры зоопланктонного сообщества по способам питания использована классификация Ю.С. Чуйкова (1981, 1995). Количество трофических групп зоопланктона составляет от 8 до 10 в зависимости от озера. Наибольшей сложностью трофической сети отличаются сообщества озер Кого-

яры, Безымянное и Мал. Лебединое, где выявлено максимальное количество групп. Это может свидетельствовать об их большей выносливости (Иванова, 1999). Наименьшее разнообразие трофических групп характерно для озер Светлое и Бол. Лебединое.

В большинстве озер (кроме Безымянного) преобладают первичные фильтраторы, собирающие пищевые частицы из толщи воды. Вторая по обилию группа – зоопланктеры, добывающие пищу путем активного захвата, - существенно уступают первичным фильтраторам практически во всех озерах, за исключением Безымянного. Доля их минимальна ( $p < 0.03$ ) в сообществах озер Астраханка и Бол. Лебединое. Доля биомассы фильтраторов достоверно ( $p < 0.003$ ) меньше в зрелых озерах Астраханка и Когояры, группа первичных фильтраторов обильнее по сравнению ( $p < 0.05$ ) с вторичными фильтраторами в зоопланктоценозах озер Изъяры, Когояры, Астраханка, Мал. и Бол. Лебединые. Доля вертикаторов ( $p < 0.05$ ) меньше в сообществах озер Мал. и Бол. Лебединое.

Угасающие водоемы с нестабильным гидрологическим режимом характеризуются наибольшим разнообразием трофической структуры, оцененной с помощью соответствующего индекса (Андроникова, 1996). Соотношение биомасс хищного и нехищного зоопланктона достигает наивысших значений в озерах Когояры и Бол. Лебединое. В целом в озерах наблюдается общая тенденция к увеличению доли первичных фильтраторов в летний период. Вторичные фильтраторы и собиратели, а также хищники относительно более высокими за сезон биомассами характеризуются в весенний и осенний периоды. Вероятно, большая динамичность условий и более частые перестройки сообществ в водоемах с нестабильным гидрологическим режимом обуславливают формирование большего разнообразия трофической структуры по сравнению с междунными озерами с относительно постоянным режимом.

## **Глава 7. Сообщество зоопланктона как показатель сукцессии экосистем малых озер**

Ни одна экосистема не существует вечно и рано или поздно сменяется другой, причем в этом процессе обнаруживается определенная необратимая направленность. Такие последовательные и закономерные с заранее предсказуемым результатом изменения называют сукцессией (Константинов, 1986). Несмотря на научный прогресс последнего столетия, динамика сложных систем, таких, как экосистемы, остается трудной для объяснения и предсказания (Scheffer, 1999). Однако понимание развития, деградации и устойчивости окружающей среды очень важно для решения многих прикладных задач, связанных с сохранением и восстановлением озер (Janssen, Carpenter, 1999).

На примере малых озер на территории Ильменского заповедника показано (Рогозин, 1993, 2001), что наряду с изменением морфометрических показателей озер в результате накопления донных осадков, возрастания площади зарослей

растительности и уменьшения площади водного зеркала, а также ухудшения качества воды, в водоемах наблюдается трансформация водной биоты. Это выражается в изменении видового состава, структуры и количественных показателей планктонных сообществ. Состав и структура зоопланктона признаны наиболее подходящими параметрами для изучения скорости сукцессии озер (Рогозин, 2001).

Для построения сукцессионного ряда из разных водных экосистем исследуемые водоемы должны отвечать следующим начальным требованиям (Рогозин, 2001):

1. Расположены в одной местности для нивелирования климатических и биогеографических различий.
2. Характеризуются общим морфометрическим сходством (сравнимость площадей и изрезанности береговой линии).
3. Первоначально заселены гидробионтами из одного источника – материнского водоема.

Исследуемые нами объекты близки по размерным характеристикам, расположены в одной провинции, а на занимаемой ими территории нет других озер (и, вероятно, не было иных крупных водоемов, существовавших одновременно с ними). Все это позволяет предположить наличие общего источника их заселения. Исходя из вышеизложенного, они могут быть использованы как модельные объекты для изучения сукцессионных преобразований в водоемах данного региона.

Разнообразие и количественное развитие зоопланктона исследуемых озер, по данным факторного анализа, формируется под влиянием большого набора абиотических факторов, среди которых наиболее важны минерализация, динамика биогенных и органических веществ и гумификация, а также размерные характеристики озер. Естественно, немаловажное значение имеют трофические и другие биотические взаимодействия в сообществах и в водной экосистеме в целом. Указанные факторы и взаимодействия меняются в соответствии с сукцессией водных экосистем (Рогозин, 2001). Сукцессия озер сопровождается изменением их трофического статуса, а также специфическими для каждой ее стадии структурными перестройками в сообществах гидробионтов (Абросов, 1982). В связи с этим представляет интерес рассмотрение данных аспектов в сообществах озер разного типа.

Анализ зоопланктоценозов озер разного типа позволил выявить следующие особенности на разных этапах их развития.

1. Увеличение числа видов по мере приближения озера к эвтрофному состоянию (стадия зрелости) и дальнейшее уменьшение видового богатства по мере старения водоема и приобретения им черт дистрофности. Ряд авторов (например, Chmielewsky et al., 1997) снижение количества видов в умирающих озерах связывает с деградацией мелководных озер и нестабильностью условий в них.

2. Возрастание разнообразия зоопланктонного сообщества (оцененного с помощью индекса Шеннона по численности) в озерах на поздних стадиях их развития по сравнению с относительно молодыми. Вероятно, это обусловлено тем, что на поздних стадиях сукцессии, по сравнению с ранними этапами, между компонентами существует больше связей (Маргалеф, 1992). Однако по абсолютным показателям видового разнообразия (количеству видов) наблюдается обратная зависимость. Это обусловлено большей выравненностью сообществ в умирающих озерах. В целом для озер Безымянное, Мал. и Бол. Лебединые не характерны резкие спады индекса разнообразия в середине летнего сезона.

Наибольшее варьирование индекса Шеннона, вычисленного по численности, в сообществах озер, находящихся на стадии зрелости (Светлое, Изъяры, Когояры, Астраханка). Остальные водоемы проявляют обратную тенденцию. В целом, наиболее стабильно разнообразие поддерживается в сообществах с высоким его уровнем (если в качестве основного показателя рассматривать индекс Шеннона, вычисленный по численности).

3. Значительное преобладание ракообразных в зоопланктоценозах всех озер (колебания по озерам составили от 78.30 до 99.98 % суммарной биомассы). В целом эта группа обильнее развивается в умирающих и переходном озерах (Безымянное, Мал. и Бол. Лебединые).

4. Увеличение средней индивидуальной массы зоопланктеров в сообществах в ходе эволюции озерных экосистем. Новые замещающие виды не только крупнее, но, одновременно, отличаются большей продолжительностью жизни, что относится к числу признаков, характерных для видов, подверженных  $k$ -отбору (Маргалеф, 1992), и является признаком зрелости экосистемы. Увеличение значений средней индивидуальной массы организмов в сообществах свидетельствует о снижении уровня трофности угасающих водоемов, поскольку, в целом, при эвтрофировании в фауне ракообразных возрастает роль мелких форм, резко сокращается доля крупных Cladocera и Calanoida (Андроникова, 1996). Видимо, это обусловлено уменьшением содержания взвешенного ОВ в воде при угасании и переходе водоемов в дистрофную стадию развития. Выявлена тесная отрицательная корреляция между показателем относительной глубины и средней индивидуальной массой организма ( $r = -0.93$ ,  $p < 0.05$ ). Высыхающие озера претерпевают большие межгодовые флуктуации средней массы организмов в сообществах.

5. Возрастание разнообразия трофической структуры в умирающих и переходных озерах. Отличия между трофическими структурами озер разного типа выявлены также при рассмотрении показателя однообразия трофической структуры. Относительно более однообразна трофическая структура озер, находящихся на стадии зрелости, что свидетельствует об устойчивости их сообществ. Это согласуется с утверждением, что перестройка сообществ сопровождается упрощением трофической структуры, типов питания организмов в сообществах (Моисеенко, 1997).

6. По совокупности рассмотренных показателей стареющие (умирающие) озера Мал. и Бол. Лебединые, а также переходное оз. Безымянное можно оценить как олиго-мезотрофные (рис. 5); озера, находящиеся на стадии зрелости, - как мезо-эвтрофные (Светлое, Изъяры, Когояры) и эвтрофные (Астраханка).

Показатель	Светлое	Изъяры	Когояры	Астраханка	Безымянное	Мал. Лебединое	Бол. Лебединое
TSI <sup>1)</sup>	МТ	ЭВТ	ЭВТ	ЭВТ	_*	-	-
Эколого-санитарная оценка <sup>2)</sup>	МТ	МТ	ЭВТ	ЭВТ	МТ	МТ	МТ
$B$ <sup>3)</sup>	ОТ	ОТ	ОТ	МТ	ОТ	ОТ	ОТ
$N$ <sup>4)</sup>	МЭВТ	МЭВТ	ВЭВТ	ПТ	МЭВТ	МЭВТ	МЭВТ
$B_{летн}/B_{зимн}$ <sup>5)</sup>	-	ОТ	МТ	ЭВТ	ОТ	МТ	МТ
$B_{Crust}/B_{Rot}$ <sup>6)</sup>	ОТ	ЭВТ	ОТ	ЭВТ	ОТ	ОТ	ОТ
$W_{cp}$ <sup>4)</sup>	ПТ	ПТ	ПТ	ПТ	ВЭВТ	МТ	МТ
Показатель трофии (Е/О) <sup>7)</sup>	ЭВТ	ЭВТ	ЭВТ	ЭВТ	МТ	МТ	МТ
Коэф. трофии <sup>6)</sup>	МТ	МТ	МТ	ЭВТ	ЭВТ	МТ	ОТ
$Q_{ВТ}$ <sup>8)</sup>	-	-	ГЭВТ	МТ	ОТ	МТ	-
$H_B$ <sup>9)</sup>	ЭВТ	ЭВТ	ЭВТ	ЭВТ	ЭВТ	ЭВТ	ЭВТ
По совокупности показателей	МЭВТ	МЭВТ	МЭВТ	ЭВТ	ОМТ	ОМТ	ОМТ

	олиготрофный (ОТ)		высокоэвтрофный (ВЭВТ)
	олигомезотрофный (ОМТ)		гиперэвтрофный (ГЭВТ)
	мезотрофный (МТ)		политрофный (ПТ)
	мезоэвтрофный (МЭВТ)	*	нет данных.
	эвтрофный (ЭВТ)		

<sup>1)</sup> (Carlson, 1977); <sup>2)</sup> (Романенко и др., 1990); <sup>3)</sup> (Китаев, 1984); <sup>4)</sup> (Крючкова, 1987); <sup>5)</sup> (Андроникова, 1996) <sup>6)</sup> (Мяэметс, 1979); <sup>7)</sup> (Hakkari, 1978); <sup>8)</sup> (Sladecsek, 1983); <sup>9)</sup> (Гиляров, 1969).

Рис. 5. Блок-схема обобщенной оценки уровня трофности озера

Таким образом, угасающие озера, по сравнению с водоемами на стадии зрелости, характеризуются показателями структуры зоопланктона, сходными с таковыми для олиготрофных озера. В ходе сукцессии озера от стадии зрелости до угасания наблюдаются изменения ряда структурных и других показателей зоопланктоценозов, зоопланктон озера приобретает черты сходства с сообществами олиготрофных озера.

### **Выводы**

1. В исследованных озерах выявлено 103 вида зоопланктонных организмов. Из них 42 вида коловраток, 39 – ветвистоусых и 22 – веслоногих рачков. Зоопланктон представлен, главным образом, комплексом видов, типичных для умеренных широт Европейской части России.
2. Наибольший вклад в видовое разнообразие сообществ озер вносят представители Cladocera (лишь в оз. Безымянное по видовому разнообразию преобладают коловратки). Общие для всех исследуемых водоемов виды являются, в основном, эврибионтами. Доминанты представлены индикаторами олиго- и эвтрофных условий.
3. Основной вклад в суммарную биомассу и устойчивость зоопланктонных сообществ исследованных озер вносят ветвистоусые рачки. Максимальная численность и биомасса зоопланктона наблюдаются летом. Однако характер сезонной динамики численности и биомассы зоопланктона озер разного типа определяется особенностями развития доминирующих видов. По показателям количественного развития сообщества зоопланктона озера на стадии зрелости характеризуются большей вариабельностью.
4. Умирающие водоемы отличаются большим разнообразием трофической структуры, чем междюнные озера на стадии зрелости. Вероятно, это обусловлено большей динамичностью условий и более частыми перестройками сообществ в первых.
5. Зоопланктонное сообщество может быть использовано в качестве индикатора стадий сукцессии озер. От стадии зрелости к умирающему водоему в зоопланктоне наблюдаются следующие изменения: уменьшение видового богатства и доли Rotatoria в суммарной биомассе; увеличение индекса разнообразия, средней индивидуальной массы зоопланктеров и разнообразия трофических групп в сообществе.
6. Озера на поздних стадиях сукцессии, следующих за этапом зрелости, приобретают черты вторичной олиготрофности.

### **Список основных работ, опубликованных по теме диссертации**

1. Подшивалина В.Н. Зоопланктон озер Природного парка «Заволжье» / В.Н. Подшивалина, М.Г. Борисович // Молодые ученые России об экологии. – М.: Издательский Дом «Ноосфера», 2001. – С. 191-200.
2. Подшивалина В.Н. Экологическая характеристика зоопланктона дистрофных озер Заволжья / В.Н. Подшивалина // Материалы XL Междунар. науч. студенческой конф. «Студент и научно-технический прогресс»: Биология. – Новосибирск, 2002. – С. 38–40.
3. Подшивалина В.Н. Планктонные коловратки и ракообразные дистрофных озер (Республика Чувашия) / В.Н. Подшивалина // Биология – наука XXI ве-

- ка: 6-я Пущинская школа-конф. молодых ученых: Сборник тезисов. – Том 2. – Тула: Изд-во Тул. Гос. Пед. Ун-та им. Л.Н. Толстого, 2002. – С. 142–143.
4. Подшивалина В.Н. Озера национального парка «Заволжье» и их охрана / В.Н. Подшивалина // Заповедное дело России: принципы, проблемы, приоритеты. Материалы Международной науч. конф. – Бахилова Поляна, 2003. Т.2. – С. 337-339.
  5. Подшивалина В.Н. Зоопланктон дистрофных озер «Заволжья» (Чувашская Республика) / В.Н. Подшивалина // Биология внутренних вод: проблемы экологии и биоразнообразия. Тез. докл. XII Международной конф. молодых ученых. – Борок, 2002. – С. 90–91.
  6. Podchivalina V.N. Some Features of Zooplankton in two Small Lakes with Short Residence Time in Zavolzhje (Russia) / V.N. Podchivalina // Residence Time in Lakes: Science, Management, Education. – Bolsena, 2002. – P. 250-253.
  7. Подшивалина В.Н. Структурная организация зоопланктона некоторых озер Заволжья (Чувашская Республика) / В.Н. Подшивалина // Зоологические исследования регионов России и сопредельных территорий: Материалы международной науч. конф. – Нижний Новгород: Изд-во НГПУ, 2002 – С. 40–41.
  8. Подшивалина В.Н. Фауна Cladocera (Crustacea) озер различного типа / В.Н. Подшивалина // Биология – наука XXI века: 7-ая Пущинская школа-конф. молодых ученых: Сборник тезисов. – Пущино, 2003. – С. 205.
  9. Подшивалина В.Н. Состояние зоопланктона озер Заволжья (Чувашская Республика) как показатель стадий сукцессии водоемов / В.Н. Подшивалина, В.А. Яковлев // Вестник Татарстанского отделения РЭА. – 2003. – 1 (15). – С. 34-35.
  10. Подшивалина В.Н. Особенности развития фауны зоопланктона литорали некоторых озер Заволжья (Чувашская Республика) / В.Н. Подшивалина // Охрана растительного и животного мира Поволжья и сопредельных территорий: Материалы Всероссийской науч. конф. – Пенза, 2003. – С. 299–301.
  11. Подшивалина В.Н. Некоторые структурные особенности зоопланктона озер на разных стадиях развития / В.Н. Подшивалина // Озерные экосистемы: биологические процессы, антропогенная трансформация, качество воды: Материалы II Международной науч. конф. – Минск: БГУ, 2003. – С. 506–508.
  12. Подшивалина В.Н. Трофическая структура зоопланктона разнотипных озер Заволжья / В.Н. Подшивалина // Трофические связи в водных сообществах и экосистемах. Материалы Международной конф. – Борок, 2003. – С. 102–103.
  13. Подшивалина В.Н. Приуроченность видов зоопланктона к обитанию в озерах разного типа (Низменное Заволжье) / В.Н. Подшивалина // Материалы докладов XV Коми республиканской молодежной научной конф. Т. II: XI молодежная науч. конф. Ин-та биологии Коми НЦ УрО РАН «Актуальные проблемы биологии и экологии». – Сыктывкар, 2004. – С. 235–237.
  14. Подшивалина В.Н. Растительный покров разнотипных озер Чувашского Заволжья / В.Н. Подшивалина, Е.А. Петрова // Материалы докл. XV Коми рес-

публиканской молодежной науч. конф. Т. II: XI молодежная науч. конф. Ин-та биологии Коми НЦ УрО РАН «Актуальные проблемы биологии и экологии». – Сыктывкар, 2004. – С. 237–238.

15. Подшивалина В.Н. Биоразнообразие как показатель экологического состояния озер Заволжья (Чувашская Республика) / В.Н. Подшивалина // Муниципальные и региональные аспекты экологической безопасности как основы устойчивого развития: Материалы республиканской научно-практической конф. – Чебоксары, 2004. – С. 136–143.